

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-324223

(43)Date of publication of application : 14.11.2003

(51)Int.Cl.

H01L 41/083

(21)Application number : 2002-130085

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 01.05.2002

(72)Inventor : KANEKO TAKU
KAWAHARA NOBUAKI
KOBAYASHI MASAYUKI
YAMAMOTO TAKASHI

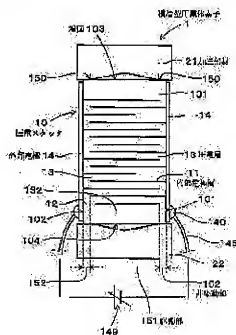
(54) LAMINATED PIEZOELECTRIC ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminated piezoelectric element wherein stress is hardly concentrated in boundaries between a driving part and not-driving parts, the stress destruction of a piezoelectric stack which is caused by stress concentration hardly occurs, and superior durability and reliability are ensured.

SOLUTION: Pressing members 21, 22 which are constituted so as to transmit loads to the piezoelectric stack 10 are arranged on both end surfaces 103, 104 in the lamination direction of the piezoelectric stack 10, abut against both the end surfaces 103, 104 of the piezoelectric stack 10 at the boundaries between the driving part 151 and the not-driving parts 152, and do not abut against both the end surfaces 103, 104 of the piezoelectric stack 10 at projection points wherein positions of centers of gravities of internal electrode layers 1.1, 1.2 at a surface perpendicularly intersecting the lamination direction of the piezoelectric stack 10 are projected on both the end surfaces 103, 104 in the lamination direction of the piezoelectric stack 10.

(図1)



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-324223

(P2003-324223A)

(43) 公開日 平成15年11月14日 (2003.11.14)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テラコト (参考)

H 0 1 L 41/063

H 0 1 L 41/06

S

N

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-130385 (P2002-130085)

(71) 出願人 000004230

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(22) 出願日 平成14年5月1日 (2002.5.1)

(72) 発明者 金子 卓

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72) 発明者 川原 伸章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74) 代理人 100679142

弁理士 高橋 裕泰 (外1名)

最終頁に続く

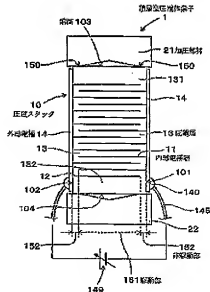
(54) 【発明の名称】 積層型圧電体素子

(57) 【要約】

【課題】 駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性と信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供すること。

【解決手段】 圧電スタック10の積層方向の両端面103、104には、該圧電スタック10に対し荷重を伝達するよう構成した加圧部材21、22をそれぞれ設け、また上記加圧部材21、22は、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界において圧電スタック10の両端面103、104にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材21、22は、上記圧電スタック10の積層方向と直交する面における内部隔壁11、12の重心位置を上記圧電スタック10の積層方向の両端面103、104にそれぞれ投影した投影点において圧電スタック10の両端面103、104とそれぞれ当接しない。

(図1)



(2)

特開 2003-324223

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電層と該圧電層に対し部分電極形成とした内部電極層とを交互に積層した圧電スタックと、該圧電スタックの側面に露出した内部電極層の端面を圧電層一層おきに電気的に導通するよう構成した外部電極とを有し、かつ上記圧電層における積層方向の内部電極層が接し、上記内部電極層に対する通電により伸縮する駆動部と、上記圧電層における積層方向の一方の面にのみ内部電極層が接し、上記内部電極層に対する通電により伸縮が実質的に生じない非駆動部とよりなる積層型圧電体素子であって、上記圧電スタックの積層方向の両端面には、該圧電スタックに対し荷重を伝達するよう構成した加圧部材をそれぞれ設けたり、また上記加圧部材は、上記駆動部と上記非駆動部との境界において圧電スタックの両端面にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材は、上記圧電スタックの積層方向と直交する面における内部電極層の重心位置を上記圧電スタックの積層方向の両端面にそれぞれ投影した投影点において圧電スタックの両端面とそれぞれ当接しないことを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項 2】 請求項 1 において、上記圧電スタックは、積層方向の一方の端面から他方の端面に向かって貫通する中空部を備えることを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 において、上記圧電スタックの積層方向の両端面において、上記積層型圧電体素子を駆動する際に、上記加圧部材と対面する上記圧電スタックの端面がなす傾斜角 θ (ラジアン) は、 $0 < \theta \leq \left\{ (\text{圧電層 1 枚の厚さ}) \times (\text{駆動部における圧電層 1 枚あたりの設け数}) \div (\text{圧電層の積層枚数} \div 2) \right\} \div (\text{非駆動部の長さ})$ の範囲内にあることを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項 4】 請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項において、上記圧電スタックの積層方向両端面とそれぞれ対向する対向面を上記加圧部材は有しており、上記積層型圧電体素子を駆動する際に、圧電スタックの歪みが最大となった状態での端面に付着する形状を上記対向面が有することを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項 5】 請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項において、上記圧電スタックの積層方向両端面と上記加圧部材との間にスペーサを設けることを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項 6】 請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項において、上記圧電スタックの積層方向両端面と上記加圧部材との間に弾性充填材を充填することを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項 7】 請求項 5 において、上記圧電スタックの積層方向両端面と加圧部材及びスペーサとの間に弾性充填材を充填することを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項 8】 請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項において、

2

上記外部電極と上記加圧部材とは電気的に絶縁することを特徴とする積層型圧電体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、圧電アクチュエータ等に利用する積層型圧電体素子に関する。

【0002】

【従来技術】 近年、各種の機械的駆動素子として、圧電力を利用したアクチュエータに代わって、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) などのセラミック系圧電材料を利用した圧電アクチュエータが多用されている。圧電材料における圧電効果による機械的変位は本質的に極めて小さい。このため、電気的に並列になるように、かつ電圧の印加により厚さ方向にかかる伸び方向が一致するように、数十枚から数百枚程度の圧電材料よりなる圧電層を積層し、変位を増やした積層型圧電体素子を構成して、これを圧電アクチュエータとして供することができ

る。【0003】 図 15、図 16 に積層型圧電体素子 9 の一例を記載する。図 15 に示すごとく、この積層型圧電体素子 9 は、圧電層 93 と該圧電層 93 に対し部分電極形成とした内部電極層 91、92 とを交互に積層した圧電スタック 90 と、該圧電スタック 90 の側面 901、902 に露出した内部電極層 91、92 の端面を圧電層 93 一層おきに (すなわち内部電極層 91 のみ、及び 92 のみ) 電気的に導通するよう構成した外部電極 94 とを有する。

【0004】 また、上記積層型圧電体素子 9 は、上記圧電層 93 における積層方向両面に内部電極層 91、92 が接し、上記内部電極層 91、92 に対する通電により伸縮する駆動部 951 と、上記圧電層 93 における積層方向の一方の面にのみ内部電極層 91、92 が接し、上記内部電極層 91、92 に対する通電により伸縮が実質的に生じない非駆動部 952 とを有する。なお、符号 931、932 は伸縮しないダミー層である。

【0005】 すなわち、図 16 (a) にかかる図面左側に電極未形成部 910 を備えた圧電層 93 と、図 16 (b) にかかる図面右側に電極形成部 920 を備えた圧電層 93 とを交互に積層することで、圧電スタック 90 の図面右側にあたる側面 901 に内部電極層 91 の端面が露出し、図面左側にあたる側面 902 に内部電極層 92 の端面が露出する。これらの露出した端面が各側面 901、902 に設けられた外部電極 94 によって電気的に導通されるのである。上記外部電極 94 を介して所定の電圧を印加することによって、駆動部 951 が伸縮し、積層型圧電体素子 9 が変位を得ることができる。

【0006】

【解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来構成の積層型圧電体素子 9 には、次のような問題が生じる。すなわち、電圧の印加により駆動部 951 は伸縮する

(3)

特開2003-324223

4

が、非駆動部952にかかる圧電層93は電圧が印加されず、伸縮できない。そのため、駆動部951と非駆動部952との境界で50に応力が集中し、圧電スタック90におけるクラック、割れ、破壊、デラミネーション発生の原因となる。

【0007】本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性と信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供しようとするものである。

【0008】

【課題の解決手段】第1の発明は、圧電層と該圧電層に対し部分電極構成とした内部電極層とを交互に積層した圧電スタックと、該圧電スタックの側面に露出した内部電極層の端面を圧電層と有し且つ電気的に導通するよう構成した外部電極とを有し、かつ上記圧電層における積層方向両面に内部電極層が設けられ、上記内部電極層に対する導電層より伸縮する駆動部と、上記圧電層における積層方向の一方の面にのみ内部電極層が設けられ、上記内部電極層に対する導電層より伸縮が実質的に生じない非駆動部とよりなる積層型圧電体素子であって、上記圧電スタックの積層方向の両端面には、該圧電スタックに対し荷重を伝達するよう構成した加圧部材をそれぞれ設けてなり、また上記加圧部材は、上記駆動部と上記非駆動部との境界において圧電スタックの両端面にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材は、上記圧電スタックの積層方向と直交する面における内部電極層の重心位置を上記圧電スタックの積層方向の両端面にそれぞれ投影した投影点において圧電スタックの両端面とそれぞれ当接しないことを特徴とする積層型圧電体素子にある（請求項1）。

【0009】第1の発明にかかる積層型圧電体素子は圧電スタックの積層方向両端面に加圧部材をそれぞれ設けてある。この加圧部材によって、圧電スタック積層方向かつ圧電スタック内部に向かう荷重を圧電スタックに印加することができるが、該加圧部材と圧電スタックの両端面に対する接触状態を次のように限定した。すなわち、（1）圧電スタックの積層方向の両端面において加圧部材は駆動部と非駆動部の境界に当接する。また、（2）内部電極層の重心位置を圧電スタックの積層方向両端面にそれぞれ投影した投影点において上記加圧部材は両端面とそれぞれ当接しない

【0010】（1）及び（2）により、大きな応力が発生する駆動部と非駆動部との境界に集中して加圧部材より荷重をかけることができるため、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0011】以上、本発明によれば、駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し難く、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性と信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】上記第1の発明（請求項1）において、圧電スタックを構成する圧電層は各層の圧電材料から構成し、内部電極層も各層の電極材料から構成することができる。一例は後述する実施例1に記載したPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）（圧電層）とAu-Pd（内部電極層）である。その他、Ag、Pd、Cu、Pt、Ni、Al及びこれらの合金等からなる電極材料を用いることができる。

【0013】また、加圧部材と圧電スタックとが駆動部と当接しないことが好ましいが、非駆動部と当接することはありえる。この場合も第1の発明と同様の効果を得ることができる。

【0014】また、加圧部材は境界以外の場所で対向する圧電スタックの端面に対してへこんだ状態に構成することができる。例えば後述する実施例1に示すように、外周から内周に向けてへこむす鉢状の凹部を加圧部材に設けて、加圧部材と圧電スタックの端面の外周とが当接し、内周は圧電スタックと当接しないように構成し、境界で加圧部材と当接し、投影点で当接しないように構成することができる。

【0015】また、反対に圧電スタックの両端面にそれぞれすぼみ状の凹部を設けて、境界で加圧部材と当接し、投影点で当接しないように構成することもできる（図8参照）。また、加圧部材に凸部を設けて、この凸部が圧電スタックの端面における境界で当接するよう構成することもできる（図9参照）。

【0016】また、1つの圧電スタックとその両端面に設けた加圧部材から積層型圧電体素子を構成することもできる（実施例1など）、複数個の圧電スタックを積層し、それぞれの両端面に加圧部材を設けて積層型圧電体素子を構成することもできる（後述する図12参照）。

【0017】また、内部電極層の重心が複数個の場合、すべての内部電極層の重心位置にかかる投影点において加圧部材は圧電スタックの両端面と当接しない（図3参照）。

【0018】また、上記圧電スタックは、積層方向の一方の端面から他方の端面に向かって貫通する中空部を備えることが好ましい（請求項2）。積層型圧電体素子は駆動することによって発熱が、内部に中空部を設けることでこもらず外周に放出することができる。発熱によって、積層型圧電体素子の特性変化が発生するおそれがあり、よって中空部から熱を外周に放出することで、特性変化を抑制することができる（図1参照）。

【0019】次に、上記圧電スタックの積層方向の両端面において、上記積層型圧電体素子を駆動する際に、上記加圧部材と対面する上記圧電スタックの端面がなす傾斜角 θ （ラジアン）は、

$0 < \theta \leq \{ (\text{圧電層1枚の厚さ}) \times (\text{無荷重における圧}$

(4)

特開2003-324223

5

電層1枚あたりの歪み量)×(圧電層の偏屈枚数/2)
/(非駆動部の長さ) }

の範囲内にあることが好ましい(請求項3)。これにより、応力発生箇所である駆動部と非駆動部との境界に対して座席に荷重を与えることができ、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0020】また、上の式の各値について説明すると、「圧電層1枚の厚さ」は圧電層の平均厚み、「無荷重における圧電層1枚あたりの歪み」は積層型圧電体素子の駆動時に駆動部に生じる歪み方向の歪みの平均値である。

【0021】また、境界150上の任意の点P1から引いた境界150に対する法線が、圧電スタックの外側(外周)と交わる点をP2とすると、P1とP2との距離を「非駆動部の長さ」とする。また、「傾斜角」は後述する図6における寸法B、Cを用いて、 $0 < \theta < 90^\circ$ とする。

【0022】仮に傾斜角 θ が、上記関係を満たさない場合は、駆動部と非駆動部との境界に荷重がかからないおそれがあり、応力低減の効果がなくなる、または非常に小さくなるおそれがある。

【0023】次に、上記圧電スタックの積層方向両端面とそれぞれ対向する対向面上に上記加圧部材は有してなり、上記積層型圧電体素子を駆動する際に、圧電スタックの変位が最も大となった状態で端面に対応する形状を上記対向面が有すること好ましい(請求項4)。最も変位が大となると、駆動部と非駆動部との境界での応力が最大となる。このときの形状に似た形に加圧部材の形状を決定することで、駆動部の圧電層のみに荷重がかかることが回避され、駆動部と非駆動部との境界に発生する応力を低減することができる(図7参照)。

【0024】次に、上記圧電スタックの積層方向両端面と上記加圧部材との間にスペースを設けることが好ましい(請求項5)。また、上記圧電スタックの積層方向両端面と加圧部材との間に弾性充填材を充填することが好ましい(請求項7)(図13参照)。これにより、圧電スタック、加圧部材、スペースとの間が固定され、これらの部材の間の位置ズレが生じ難くなる。

【0025】次に、上記圧電スタックの積層方向両端面と加圧部材との間に弾性充填材を充填することが好ましい(請求項6)。また、上記圧電スタックの積層方向両端面と加圧部材及びスペースとの間に弾性充填材を充填することが好ましい(請求項7)(図13参照)。これにより、圧電スタック、加圧部材、スペースとの間が固定され、これらの部材の間の位置ズレが生じ難くなる。

【0026】次に、上記外部電極と上記加圧部材との間は電気的に絶縁することが好ましい(請求項8)。これにより、電気的接続による積層型圧電体素子の機能停止を防止することができる。

【0027】

(4)

6

【実施例】以下に、図面を用いて本発明の実施例について説明する。

【実施例1】本例の積層型圧電体素子について、図1～図6を用いて説明する。図1に示すごとく、本例の積層型圧電体素子1は、圧電層13と誘電層13にそれぞれ部分電極形成した内部電極層11、12とを交互に積層した圧電スタック10と、該圧電スタック10の側面101、102に露出した内部電極層11、12の端面を圧電層13の一端おきに電気的に導通するよう形成した外部電極14とを有し、かつ上記圧電層13における積層方向両面に内部電極層11、12が接し、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮する駆動部151と、上記圧電層13における積層方向の一方の面にのみ内部電極層11、12が接し、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮が実質的に生じない非駆動部152とよりなる。

【0028】図1～図5に示すごとく、上記圧電スタック10の積層方向の両端面103、104には、該圧電スタック10に対し荷重を伝達するよう形成した加圧部材21、22をそれぞれ設けて、また上記加圧部材21、22は、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界150において圧電スタック10の両端面103、104にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材21、22は、上記圧電スタック10の積層方向と直交する面における内部電極層11、12の重心位置G1、G2を上記圧電スタック10の積層方向の両端面103、104にそれぞれ投影した投影点G10、G20において圧電スタック10の両端面103、104とそれぞれ当接しない。

【0029】以下、詳細に説明する。本例の積層型圧電体素子1は圧電アクチュエータである。図1～図5に示すごとく、本例の積層型圧電体素子1は、圧電スタック10と誘電スタック10の上下の端面103、104に当接して設置した加圧部材21、22とよりなる。圧電スタック10は、PZT(ピエゾ電圧素子)よりなる圧電層13とA.g・Pよりなる内部電極層11、12とを交互に積層し、また積層方向の両端は圧電スタック10に対する通電時に伸縮しないダミー層131、132を積層する。内部電極層11、12は部分電極形成であり、内部電極層11、12の端面は圧電スタック10の側面101に、内部電極層12の端面は側面102に露出する。

【0030】また、上記積層型圧電体素子1は、上記圧電層13における積層方向両面が内部電極層11、12により挟持され、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮する駆動部151と、上記圧電層13における積層方向の一方の面にのみ内部電極層11、12が接し、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮しない非駆動部152とを有する。

【0031】すなわち、図2(4)にかかる図面左側に

(5)

特開2003-324223

8

電極未形成部110を備えた圧電層13と、図2(b)にかかると図面右側に電極未形成部120を備えた電極層13とを交互に積層することで、図1に示すごとく、圧電スタック10の図面右側にあたる側面101に内部電極層11の端面が露出し、図面左側にあたる側面102に内部電極層12の端面が露出する。これらの露出した端面が各側面101、102に設けられた外部電極14によって電気的に導通されるのである。

【0032】また、外部電極14には、図1、図5に示すごとく、導電性接合剤140によりリード線145を取り付け、このリード線145を外部電源149に接続する。この外部電源149によって圧電スタック10に電圧が印加されるのである。

【0033】次に加圧部材21、22は積層型圧電体素子1に荷重を印加する目的から設けられる部材で、アルミナ製である。加圧部材21、22は、図4に示すごとく、圧電スタック10の端面103、104に積層可能な積層方体のブロックよりなり、圧電スタック10の端面103、104との対向面は断面V字の凹部210を有する。また、圧電スタック10の端面103を上から見たら図3に示すような形状となる。内部電極層11、12の形状から、端面103において両端に非駆動部152が、非駆動部152の間に駆動部151となる。

【0034】そして、非駆動部152と駆動部151との境界150(境界150は内部電極層11、12と未形成部110、120との境界を圧電スタック10の端面103に投影した位置に相当する)及び非駆動部152に対して上記加圧部材21が当接する。すなわち、加圧部材21の対向面は図4に示すごとく両端が盛り上が、真ん中がへこんでおり、盛り上がった両端において、端面103と当接する。また、上記圧電スタック10において、各内部電極層11、12の重心位置G1、G2を端面103に投影した点がG10やG20であるが、この部分で加圧部材21は接していない。なお、端面104と加圧部材22も同様である。

【0035】次に、上記図1のθについて説明する。図6は圧電スタック10の端面103近傍の駆動部、駆動中の状態を示した図。図6(a)にかかるとAは「圧電層1枚の長さ」×(圧電層の積層枚数/2)であり、Bは「非駆動部の長さ」である。図6(b)にかかるとCは「圧電層1枚の長さ」×(無荷重における圧電層1枚あたりの歪み)×(圧電層の積層枚数/2)である。そしてθが傾斜角である。

【0036】そして、傾斜角θ(ラジアン)は、 $0 < \theta \leq \{ (\text{圧電層1枚の長さ}) \times (\text{無荷重における圧電層1枚あたりの歪み}) \times (\text{圧電層の積層枚数}/2) / (\text{非駆動部の長さ}) \}$ という条件を満たす値を有する。本例にかかる積層型圧電体素子1は、圧電層13の厚さ100μm、内部電極層11、12の厚さ約1μm、圧電層1

3の積層枚数50枚、無荷重における圧電層1枚あたりの歪み $0.1\mu\text{m}$ で、非駆動部の長さ500μm、傾斜角θ(ラジアン)は 5×10^{-4} となり、上記条件を満たす。

【0037】次に、本例の作用効果について説明する。本例の積層型圧電体素子1は圧電スタック10の積層方向両端面103、104に加圧部材21、22をそれぞれ設けられている。この加圧部材21、22によって、積層方向で内部に向かう荷重を圧電スタック10に印加することができるが、該加圧部材21、22と圧電スタック10の両端面103、104に対する接触状態を次のように限定した。すなわち、(1)圧電スタック10の積層方向の両端面103、104において加圧部材21、22は駆動部151と非駆動部152の境界150に当接する。また、(2)内部電極層11、12の重心位置G1、G2を圧電スタック10の積層方向両端面103、104にそれぞれ投影した投影点G10、G20において両端面103、104とそれぞれ当接しない。

【0038】(1)及び(2)により、大きな応力が発生する駆動部151と非駆動部152との境界150に對し集中して加圧部材21、22より荷重をかけることができるため、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0039】さらに、上記積層型圧電体素子1を駆動する際に、上記加圧部材21、22と対面する上記圧電スタック10の端面103、104がなす傾斜角θ(ラジアン)が上述した関係を満たすため、応力発生箇所である駆動部151と非駆動部152との境界150に対して確実に荷重を与えることができ、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0040】以上、本例によれば、駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し難く、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性及び信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供することができる。

【0041】(実施例2) 本例にかかる積層型圧電体素子1は、図7に示すごとく、圧電スタック10の両端面103、104にそれぞれ対面する加圧部材21、22の対向面219、229の形状が圧電スタック10の両端面103、104がもっとも変形した状態での形状に対応する。つまり、本例の積層型圧電体素子1は、図7には駆動時の状態を記載したが、駆動時には、圧電スタック10と加圧部材21、22との間にある隙間が埋まって、変形した圧電スタック10の両端面103、104と加圧部材21、22の対向面219、229とが全面的に当接する。その他詳細は実施例1と同様の構成を有する。

【0042】このような形状の加圧部材21、22を用いることで、最も変形が大きくなるときに、駆動部151

特開2003-324223

9

と非駆動部152との境界での応力が最大となる。このときの形状に倣った形に加工部材21、22の形状を決定することで、駆動部151と圧電層13のみに荷重がかかることが回避され、駆動部151と非駆動部152との境界150に発生する応力を低減することができる。その他詳細は実施例1と同様の作用効果を有する。

【0043】（実施例3）本例にかかる積層型圧電体素子1は、図8に示すごとく、圧電スタック10の両端面103、104に外面から内面に向かってへこむようなずり昇型の凹部105を有する。また圧電スタック10の両端面103、104に設けずる加工部材21、22の、端面103、104への対向面は平面状である。

【0044】によって、上記加工部材21、22は、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界において圧電スタック10の両端面103、104に当接し、かつ上記加工部材21、22は、内部電極層11、12の重心位置を両端面103、104にそれぞれ投影した投影点において当接しない。その他詳細は実施例1と同様の構成を有する。また、実施例1と同様の作用効果を有する。

【0045】（実施例4）本例にかかる積層型圧電体素子1は、図9、図10に示すごとく、圧電スタック10の両端面103、104に設ける加工部材21、22が足つき形状を有する。すなわち、図9、10に示すごとく、端面103、104と対向する面に駆動部151と非駆動部152の境界に沿った形状の凸部210、220を設ける。これにより、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界150及びその側面と両端面103、104に当接し、かつ上記加工部材21、22は、内部電極層11、12の重心位置を両端面103、104にそれぞれ投影した投影点において傾倒方向両端面103、104と当接しない。

【0046】図9は凸部210、220を加工部材21、22に別体として設けた、つまり同じ材料からなる凸部用の部材を貼り付けて形成したものについて記載した。図10は凸部210、220を加工部材21、22と一体形成したものについて記載した。なお、図10にかかる加工部材21、22は、圧電セラミック10の側面を覆うようなガイド部218、228も備えている。その他詳細は実施例1と同様の構成を有する。また、本例にかかる積層型圧電体素子1も実施例1と同様の作用効果を有する。

【0047】（実施例5）本例の積層型圧電体素子1は、傾倒方向に貫通する中空部109を備えた圧電スタック10よりなる。図11(a)、(b)に示すごとく、圧電スタック10の中心に断面が円形の中空部109があり、圧電スタック10の両端面103、104にこの中空部109は開口する。また、加工部材21、22の形状は実施例1と同様で、駆動部151と非駆動部152との境界150に対して当接する状態も実施例1

(6)

10

と同様となる。その他詳細は実施例1と同様の構成を有する。

【0048】積層型圧電体素子1は駆動することによって発熱するが、内部に中空部109を設けることでそこから熱を外部に放出することができる。発熱によって、積層型圧電体素子1の特性変化が発生するおそれがあり、よって中空部109から熱を外部に放出することで、特性変化を抑制することができる。その他詳細は実施例1と同様の作用効果を有する。

【0049】（実施例6）本例は複数の圧電スタック30の間にスペーサ33を放んで、傾倒方向のものと端部側にある圧電スタック30の端面303、304について加工部材31、32を傾倒形成した積層型圧電体素子3である。図12に示すごとく、加工部材31と32との間に、圧電スタック30をスペーサ33を介して3つ傾倒した。圧電スタック30の外縁部304にばいずれもリード線345が導電性接合剤340を用いて接合され、導電により各圧電スタック30が傾倒方向に傾倒するように直列に接続されている。高圧電スタック30の構成は実施例1と同様である。

【0050】また、各圧電スタック30の両端面303、304に対する加工部材31、32の当接状態も、実施例1と同様に、駆動部151と非駆動部152との境界150で当接し、内部電極層の重心位置を両端面303、304に投影した投影点に当接しないという状態である。その他詳細は実施例1と同様の構成である。

【0051】本例にかかるような複数の圧電スタック30をスペーサを介在して傾倒した積層型圧電体素子3は、応力発生箇所を集中して荷重がかかるようにすることができ、より応力を低減することができる。

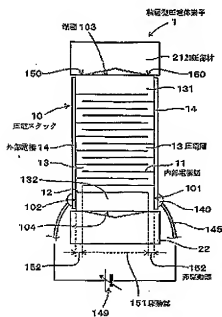
【0052】なお、図13に示すごとく、圧電スタック30と加工部材31、32、圧電スタック30とスペーサ33との間を傾倒斜の弾性充填材36で埋めることもできる。これにより、圧電スタック30、加工部材31、32、スペーサ33との間が固定され、これらの部材の間を電界に同軸上（それぞれの中心軸が一致するように配列する）に配置して、互いの位置ズレが生じにくくなる。

【0053】（比較例）本例の積層型圧電体素子8は、本例と同様に圧電層13と内部電極層11、12とを交互に傾倒した圧電スタック10よりなる。ただし、圧電スタック10の両端面103、104と対向する加工部材81、82の対向面が平らである。そのため、駆動時には図14に示すごとく、両端面103、104が影らんで、駆動前は加工部材81、82の対向面と全面で接触していた状態が、部分的な接触接触となってしまふ。また、駆動部151と非駆動部152との間で大きな応力が生じる。

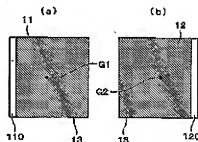
【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1における、積層型圧電体素子の説明

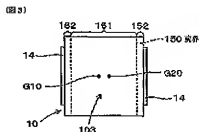
(图 1)



(192)



【圖3】

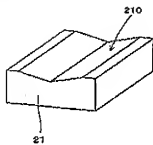


(8)

特開2003-324223

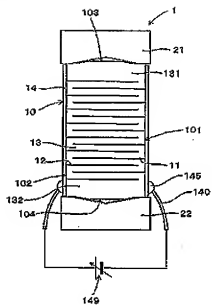
【図4】

(図4)



【図5】

(図5)



【図6】

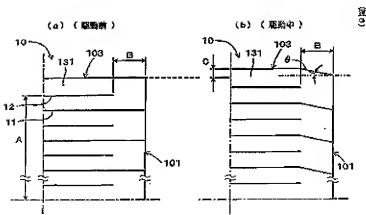


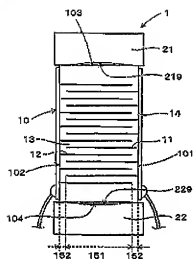
図6

(9)

特開2003-324223

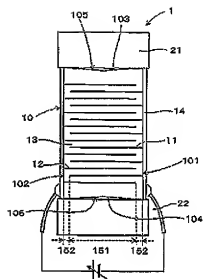
【図7】

(図7)



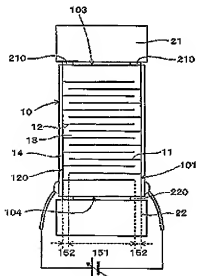
【図8】

(図8)



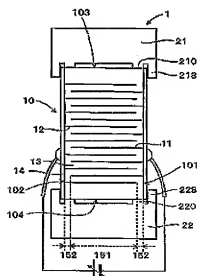
【図9】

(図9)



【図10】

(図10)



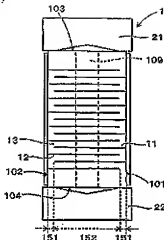
(10)

特開2003-324223

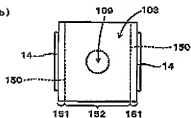
【図11】

図11

(a)

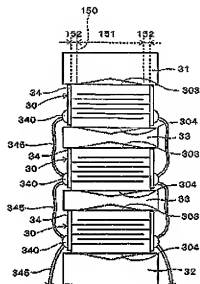


(b)



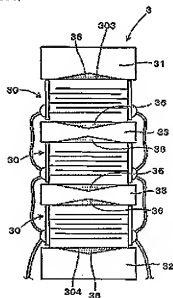
【図12】

図12



【図13】

図13

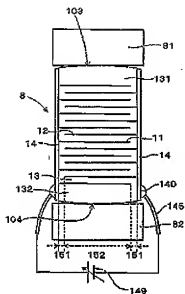


(11)

特開2003-324223

【図14】

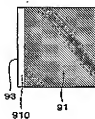
(図14) (比較例)



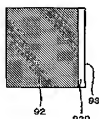
【図16】

(図16)

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 小林 正幸
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社
デンソー内

(72)発明者 山本 孝史
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内